

Iris recognition system

Patent Number: US4641349

Publication date: 1987-02-03

Inventor(s): FLOM LEONARD (US); SAFIR ARAN (US)

Applicant(s): FLOM LEONARD (US); SAFIR ARAN (US)

Requested Patent: WO8605018

Application Number: US19850703312 19850220

Priority Number (s): US19850703312 19850220

IPC Classification: G06K9/00

EC Classification: G06K9/00S, G07C9/00C2D, G06K9/20E, A61B3/12F

Equivalents: BR8605561, CA1244552, EP0215818 (WO8605018), A4, B1, IL77920, JP5084166B, JP62501889T, MX163339

Abstract

Methods and apparatus are disclosed for identifying an eye, especially a human eye, on the basis of the visible features of the iris and pupil. The eye is first illuminated until the pupil reaches a predetermined size, at which an image of the iris and pupil is obtained. This image is then compared with stored image information for identification. The stored image information is previously obtained from an eye, the pupil of which was similarly brought to the same predetermined size. The illumination of the iris may include oblique illumination from several positions around the circumference of the iris. The illumination from each position may be relatively monochromatic, so that the resulting shadow will lack the color of the light source at that position, providing better contrast for elevation-dependent features. A system for performing iris recognition may include a processor which controls an illumination control circuit and a camera to obtain images at several predetermined sizes of the pupil.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

⑫ 特許公報 (B2)

平5-84166

⑬ Int. Cl. 5

A 61 B 5/117

識別記号

府内整理番号

⑭ 公告 平成5年(1993)12月1日

8932-4C A 61 B 5/10 320 A
8932-4C 320 Z

発明の数 2 (全15頁)

⑮ 発明の名称 虹彩認識システム

⑯ 特願 昭61-501122

⑯⑰ 出願 昭61(1986)2月4日

⑯ 国際出願 PCT/US86/00227

⑯⑰ 国際公開番号WO86/05018

⑯⑰ 国際公開日 昭61(1986)8月28日

⑯⑰ 公表番号 昭62-501889

⑯⑰ 公表日 昭62(1987)7月30日

優先権主張 ⑯⑰ 1985年2月20日 ⑯⑰ 米国(US)⑯⑰ 703312

⑯⑮ 発明者 フロム, レオナード アメリカ合衆国 コネチカット州 06880 ウエストポート アーレンロード 17

⑯⑮ 発明者 セイファー, アラン アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 02139 ケンブリッジ エルズワースアベニュー 3

⑯⑯ 出願人 フロム, レオナード アメリカ合衆国 コネチカット州 06880 ウエストポート アーレンロード 17

⑯⑯ 出願人 セイファー, アラン アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 02139 ケンブリッジ エルズワースアベニュー 3

⑯⑰ 代理人 弁理士 竹沢 荘一
審査官 國島 明弘

1

2

⑯⑮ 請求の範囲

1 虹彩および瞳孔を含む眼を照明する工程、前記虹彩および瞳孔の少なくとも一部分の少なくとも一つの像を撮る工程、および得られた像と、記憶された像情報を比較して、眼を識別する工程からなることを特徴とする識別方法。

2 照明工程において、瞳孔を操作して、少なくとも一つの所定寸法にさせるとともに、比較工程において、得られた像と、瞳孔を同一の所定寸法にした眼から得られた記憶像信号とを比較することを特徴とする請求の範囲第1項に記載の方法。

3 瞳孔操作時に、瞳孔が所定寸法に達するまで網膜に光を当てるとともに、光の強さを調節することを特徴とする請求の範囲第2項に記載の方

法。

4 瞳孔操作時に、瞳孔を操作して、複数の寸法

にするとともに、撮像工程において、前記瞳孔を

各所定寸法にして、各像を撮ることを特徴とする請求の範囲第2項に記載の方法。

5 照明工程において、少なくとも2つの所定瞳孔寸法間の所定割合で照度を変えるとともに、前記照度変化に従つて、瞳孔寸法の変化率を測定することを特徴とする請求の範囲第4項に記載の方法。

6 照明工程において、虹彩を斜傾照明することにより、仰角依存特色の陰を形成することを特徴とする請求の範囲第1項に記載の方法。

7 斜傾照明時に、虹彩を複数の離間光源から照明することにより、複数方向に延びる仰角依存特色の陰を形成することを特徴とする請求の範囲第6項に記載の方法。

8 複数の離間光源から、前記虹彩を照明する際に、相対的に単色であり、その相当色を欠いた影を形成する複数の光源から照明することを特徴とする請求の範囲第7項に記載の方法。

3

9 比較工程において、得られた像を、記憶された基準像と比較することにより、眼を識別することを特徴とする請求の範囲第1項に記載の方法。

10 比較工程において、得られた像の組記述子を導出するとともに、前記導出された記述子を、先の像から導出した記憶基準記述子と比較することにより、眼を識別することを特徴とする請求の範囲第10項に記載の方法。

11 組記述子導出時に、瞳孔の記述子を導出することを特徴とする請求の範囲第10項に記載の方法。

12 組記述子導出時に、瞳孔周辺の色素襞縁の記述子を導出することを特徴とする請求の範囲第10項に記載の方法。

13 組記述子導出時に、虹彩、小環の記述子を導出することを特徴とする請求の範囲第10項に記載の方法。

14 組記述子導出時に、虹彩の少なくとも一つの同心溝の記述子を導出することを特徴とする請求の範囲第10項に記載の方法。

15 組記述子導出時に、虹彩の少なくとも一つの放射溝の記述子を導出することを特徴とする請求の範囲第10項に記載の方法。

16 組記述子導出時に、虹彩の少なくとも一つの陰窓の記述子を導出することを特徴とする請求の範囲第10項に記載の方法。

17 組記述子導出時に、虹彩の少なくとも一つの色素斑の記述子を導出することを特徴とする請求の範囲第10項に記載の方法。

18 組記述子導出時に、虹彩の少なくとも一つの萎縮部の記述子を導出することを特徴とする請求の範囲第10項に記載の方法。

19 組記述子導出時に、虹彩の少なくとも一つのツモールの記述子を導出することを特徴とする請求の範囲第10項に記載の方法。

20 組記述子導出時に、虹彩の少なくとも一つの先天性連絡糸の記述子を導出することを特徴とする請求の範囲第10項に記載の方法。

21 虹彩及び瞳孔を含む眼の照明手段、前記虹彩および瞳孔の少なくとも部分像を撮る手段、および撮られた像を、記憶された像情報と比較することにより眼を識別する手段からなることを特徴とする識別装置。

22 照明手段が、光度範囲内の選択値で照明する加減光源からなることを特徴とする請求の範囲第21項に記載の装置。

23 照明手段が、得られた像に応答して瞳孔寸法を検出するとともに、加減光源を調整して選択された光度にすることにより、瞳孔寸法を制御するよう作動する制御手段を有することを特徴とする請求の範囲第22項に記載の装置。

24 制御手段が、瞳孔の寸法を制御して複数の所定瞳孔寸法を得るとともに、少なくとも2つの所定瞳孔寸法の間の光度範囲にわたって、所定割合で光源を調節することにより、光度調整時における瞳孔寸法変化率を測定するよう作動しうるようになつてることを特徴とする請求の範囲第23項に記載の装置。

25 照明手段が、虹彩を傾斜照明する複数個の離間斜傾光源を有することを特徴とする請求の範囲第21項に記載の装置。

26 各斜傾光源が、その光の相当色を欠いた影を形成する相対的に単色の光源を有することを特徴とする請求の範囲第25項に記載の装置。

27 各単色光源が、レーザーから成ることを特徴とする請求の範囲第26項に記載の装置。

28 撮像手段が、カメラから成り、比較手段が、前記カメラの出力に応答して得られた像を、記憶像情報と比較するプロセッサから成ることを特徴とする請求の範囲第21項に記載の装置。

29 プロセッサが、先の像から導出した記述子を記憶する記憶手段から成り、得られた像の組記述子を導出して、導出された記述子を基準記述子と比較することにより、眼を識別するよう作動するようになつてることを特徴とする請求の範囲第28項に記載の装置。

30 撮像手段が、レーザーからなることを特徴とする請求の範囲第21項に記載の装置。

発明の背景

1 発明の分野
本発明は、人間その他動物の肉體的特徴を識別する方法および装置に関し、特に、眼の肉體的特徴の認識に関する。

2 先行技術の説明
従来は、数種の公知技術により、肉體的特徴から人間を識別していた。

指紋は、法の施行機関が多面にわたつて利用し

5

てきたことから、最も良く知られているものであり、特に、犯行時に指紋を残していく場合には、指紋による識別が役立つが、一般に指紋識別技術は、人の判断力に頼るところが大きいばかりか、指紋の収集および検出は、概して困難である。

最近、登録された米国特許第4109239号明細書には、人間の眼の網膜血管系パターンを利用した識別法が開示されているが、これには、自動化できるとともに、指紋を検出・収集して識別するより簡単である等の利点がある。

また、識別を回避するため、指紋を変えることは可能であるが、網膜血管系パターンを変えることは、困難かつ危険であり、視力の低下または失明の恐れがある。

眼の特異性を利用し、しかも、散瞳ならびに網膜への焦点合せおよび凝視方向との線列維持を含む網膜識別に伴う複雑な線列工程を必要としない識別技術、および被検者が最小限協力するだけを利用できる識別技術が開発されると有益である。

発明の概要

本発明は、人間の眼の虹彩及び瞳孔を識別に利用できるという発見に基づいて成されたものであり、虹彩および瞳孔の特異性の認識にも基づいた識別技術（以後、「虹彩識別」とする。）を提供するものである。

虹彩識別法は、網膜識別法の利点を兼ね備えているが、虹彩および瞳孔の方が、より容易に目視できるため、後者よりも実施し易く、しかも、虹彩および瞳孔の構造は、極めて規則正しく幾可学的パターンを形成しているため、自動識別が容易に行なえる。しかし、虹彩の重要な点は、その可視特徴が、概ね、瞳孔の開散収縮に応じて変化することにある。

従つて、効果的虹彩識別法の重要な点は、これら可変特色を考慮した技術を提供することである。

本発明による識別方法は、眼に光を当てて虹彩および瞳孔の像を得、これを、記憶像情報と比較することにより、識別するものである。

眼に光を当てる際に、瞳孔を操作して所定寸法にするが、これは、虹彩に光を当て、瞳孔が所定寸法に達するまでの光の強さを調節することによって行なわれる。瞳孔を操作して複数の所定寸法

にし、各寸法毎に、虹彩および瞳孔の像を得、各像を同一瞳孔寸法で得られた記憶像情報と比較する。

他の実施例では、眼の照明時に、虹彩に斜光を当てて、仰角に応じた特色を備える陰影を形成する。虹彩を、相対的に単色である複数の離間光源で照明するため、各陰影は、当該光源に相当する色を欠いた色になる。

上記の場合には、得られた像を、記憶した基準像と逐一比較するが、この代わりに、得られたばかりの像から一組の記述子を導出し、これらを、先の像から導出した基準記述子と比較するように構成することもできる。

本発明によるシステムは、眼の照明手段、虹彩および瞳孔像の撮像手段、および前記像と、記憶像情報とを比較して識別する手段から成っている。

前記照明手段は、選択値で、眼を照明する加減光源、および得られた眼像を受け、瞳孔寸法を検出する制御手段を備えている。

前記制御手段は、加減光源を選択された光の強さに調節することにより、瞳孔寸法を制御するとともに、瞳孔寸法を制御することにより、複数の所定瞳孔寸法を得る様に作動する。

照明手段は、仰角依存特色の陰影を形成する相対的に単色である複数の離間光源を備えており、得られた各陰影は、当該光源に相当する色を欠いている。

撮像手段は、カメラを有し、また比較手段は、カメラ出力に応答するプロセッサを有している。このプロセッサは、先の像から導出した基準記述子を記憶する記憶手段を備えているため、得られたばかりの像から一連の記述子を導出し、これらを前記基準記述子と比較するように作動する。

本発明のその他の目的、特徴および利点は、以下の説明、添付図面および請求の範囲から明らかとなると思う。

図面の簡単な説明

第1図は、主要可視特性を示す眼の虹彩および瞳孔の概略図である。

第2図は、本発明の方法で実施する主要機能を示す全体的フローチャートである。

第3図は、本発明装置を通る情報の流れを示す簡略的ブロック線図である。

7

第4図は、第2図示の方法実施例の詳細を示すフローチャートである。

第5図は、本発明による瞳孔寸法変化率測定要領を示すフローチャートである。

第6図は、本発明によるサイド照明要領を示す全体的簡略的フローチャートである。

第7図は、本発明による比較要領を示す全体的フローチャートである。

第8図は、本発明の装置の電気的および光学的特徴を示す概略図である。

第9図は、第8図示の装置に使用される検視スクリーンの平面図である。

第10図は、第3図示の装置の一実施例の機能的プロック線図である。

第11図は、第10図に示す照明制御回路の例示図である。

第12図は、第10図に示すプロセッサの作動要領を示すフローチャートである。

好適実施例の説明

I 全体的説明

第1図は、虹彩20および瞳孔30の特色的詳細を示す眼10の概略図である。図示のように、眼10は、人間の眼であるが、その他の動物の眼も、これに類似する構造を有しているため、本発明の方法で識別できる。

図示のように、瞳孔30は、黒色の受光オリフィスであるが、虹彩20は、種々の色相にできるため、不規則に要素形成できる。

虹彩20と瞳孔30には、機能面で密な相関性がある。すなわち、虹彩20の機能は、瞳孔30の寸法を調節することであるため、色素形成に関する虹彩20の可視特色の他に、多数の可視特色が、虹彩20によって成される運動に関与することにより、瞳孔30を収縮開散させている。

一般に、虹彩20は、周囲の環状領域である毛様体部22と、瞳孔30との境をなす環状領域である瞳孔部24に分けられる。また、虹彩20の組織は、軟かくてゆるく編まれており、瞳孔に入つて眼10の網膜上に射す照明は、虹彩20の筋肉を調節して瞳孔30の寸法を変えることにより、瞳孔30に入る光の量を調整するが、瞳孔の寸法の変化は、不随意反射の結果であり、意識的に調整できるものではない。

虹彩20の色素関連特色としては、ホクロ、ソバカス又は母斑として知られている色素斑26、および陰窓28がある。色素斑26は、虹彩20の可視表面に有色細胞が偶発的に集中したものであり、一般に、毛様体部22に出現するが、その色は黒味がかつており、最も暗い茶色の虹彩20より暗い色ある。

一般に、色素斑26の数、位置および色は、非常に安定している。一方、陰窓28は、色素斑26とは異なり、虹彩20の色素沈着および表面構造に関連している。虹彩20は、肉眼で見える前層、およびその背後にある暗色の後層で構成されている。

前層の色素は、ほとんど白色といつて良い非常に明るいものから、こげ茶色まで多様である。前層が、非常に明るい色か白色である場合、後層の色素によって虹彩20は青く見え、また虹彩20が相対的に明色である場合、その相対的に薄い領域は、後層の暗色によって若干暗く見える。これらの暗色領域は、例えばはつきりと分界された陥凹に似ており、毛様部22と瞳孔部24との境を成す小環32に隣接する陰窓28に見られる。

虹彩20の色素関連特色に加え、その他可視特色が、瞳孔30寸法調節機能に関連性がある。上記の小環32は、毛様部22と瞳孔部24との境を成すと同時に、瞳孔30縁とほぼ平行に走る隆線を形成する湾曲線を構成しており、虹彩20の最も厚い部分である。

放射溝34は、瞳孔30付近を出発点として小環32を通過し、瞳孔30の中心に対して放射状に延びるが、虹彩20前層では、疎性組織を外向きに膨隆させるしわを成している。前記疎性組織は、虹彩20を開閉することにより、瞳孔30の寸法を変える放射溝34の相対位置は安定している。

同様に、同心溝36は、疎性組織を外向きに膨隆させるしわであるが、その形状は、瞳孔と同心を成すほぼ円形であるため、放射溝34とは異なる方向に虹彩を開散収縮させることができ、通常、虹彩20周囲付近の毛様部22に見られる。

眼10は、上記の他に、色素または瞳孔寸法調整とは無関係の特異な可視特色(図示せず)

を有している。老化または外傷により虹彩20に萎縮部が現れる結果、「虫喰い」組織になる。また虹彩にツモールができたり、虹彩を水晶体に連絡する連絡系が、先天発生することもある。

眼10の最も顕著な可視特色は、瞳孔30である。第1図に示すように、瞳孔30の形状は正確な円形ではなく、円形からの偏位性が可視特性になる。瞳孔30の縁にある虹彩20の外層の突出部は、通常、こげ茶色の色素襞縁38 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100

である。

上記のように、本発明は、眼の虹彩が特異的であり、かつ経済的に安定していることから、これを識別に利用できるという發見に基づいている。

虹彩、特に、その前層の詳細構造には、同じのがなく、しかも一卵性双生児のみならず、同一人物の左右の眼の虹彩も互いに相違している。さらに、虹彩の見かけの特定詳細部分は、照明レベルおよび方向によつて著しく変化するが、その基本的な有義特色は極めて安定しており、時間が経過しても変わらない。

上記の萎縮部等の経時的に進行する特色でさえ、通常、その速度は、ゆっくりであるため、虹彩の像を更新すれば、相当時間にわたる識別が可能となる。

このような特色が、突然または激に変化すると、個人の識別は出来なくなるが、眼病の可能性を告知できる。含括的にみて、虹彩および瞳孔の可視特色を眼の識別に利用できる。

本発明の方法の概略は、虹彩および瞳孔の可視特色から眼を識別する際の基本的機能を示した第2図のフローチャートから明らかである。

プロック40に示すように、第1機能は、眼に光を当てる事である虹彩20および瞳孔30の可視特色は、照明いかんで変化するため、まず眼に光を当てて、一連の所望特色を獲得する。次に、プロック50で所望特色を含む虹彩20および瞳孔30の像を撮る。プロック60で、前記像を記憶された像情報と比較して、眼を識別する。

第3図は、本発明の装置の主要機能要素を示すプロック線図である。

照明手段70は、観察下で眼10に所望特性

を持たせる光を出す。眼10が与えられた照明に反応するため、虹彩20および瞳孔30は、特徴的な形状を呈する。また、撮像手段80は、虹彩20からの反射光を受けて虹彩20および瞳孔30の像を撮る。次に、該像を比較手段90によって記憶像情報と比較して、眼を識別する。

上記基本原理から、虹彩および瞳孔の状態から眼を識別する多様な方法および装置を提供できる。

II 識別方法

種々の本発明による実施例を、虹彩および瞳孔からの眼の識別工程の実施ステップの順序を説明するフローチャートである第4図乃至第7図に示す。

第4図は、基本的方法を示しており、瞳孔を操作して、少なくとも一つの所定撮像寸法にする。

ステップ(42)で、瞳孔を明暗いずれか一方の極値照度で照明するが、値地については、装置の能力によつて決定するか、または一連の直進ステップによつて達成できる。例えば、照度を、中位レベルからこれ以上の照度にしても、瞳孔の寸法が小さくならない数値まで徐々に上げていくことができる。しかし、瞳孔寸法が、像をとろうとする最大または最小所定寸法よりも大きくなるかまたは小さくなるまで、瞳孔を動かした方が効率が良い。この極値照明から、瞳孔を、撮像に適した所定寸法まで操作できるようになる。

ステップ(44)で、瞳孔をステップ(42)終了後の寸法から第1所定寸法まで操作する。最暗照度で照明したとすると、ステップ(44)で、瞳孔が所定寸法に収縮するまで、照度を上げていく。前記所望寸法達成後、ステップ(52)で撮像して、これを記憶させ、後続の比較に備える。

次に、ステップ(54)で得られた像のカウントである数字nが、撮像に要する所定寸法の數字Nより大きいか、またはこれに等しいかを決定する。nの場合は、ステップ(46)で得られた像のカウントnをインクリメントしてから、ステップ(44)(52)および(54)を繰り返して、次の所定寸法に備える。全所定寸法像

11

の形成後、ステップ (54) で、 n が N に等しいか否かを決定し、ステップ (62) で像を比較する。すなわち、ステップ (62) では、 N 個の所定寸法おののこで撮つた像を同一の所定瞳孔寸法になるように照明された眼から得られた記憶像情報と比較する。

第4図の基本方法には、種々のバリエーションを持たせることができる。

例えば、照度低下時に、瞳孔が達した最大寸法を第1所定寸法として処理することにより、ステップ (42) 後に撮像する。瞳孔の最大寸法が、長時間にわたって、比較的一定である場合は、この寸法は、眼の記述子として有益である。

第5図は、本発明の基本方法で実施できる別の変形例であり、瞳孔の2所定寸法間変化率を測定する。

ステップ (142) で、光源から眼の網膜に光を当て、反射作用から瞳孔を寸法を調節する。次に、ステップ (144) で、光源位置または強さを調整して、第1所定瞳孔寸法を得る。すなわち、光の強さを変える代わりに、光源を網膜中心域に光を当てる中心位置から、瞳孔を通る角度で、網膜の周囲付近に光を当てる斜め位置まで（またはこの逆）移動させる。

ステップ (144) で位置調節する毎に、ステップ (146) で第1所定寸法が得られたか否かを決定する。得られない場合は、ステップ (144) で再度位置調整をし、第1所定寸法が得られるまでこのループを繰り返す。

第1所定寸法取得後、ステップ (148) で、網膜照度を所定割合で変更するが、これは、ステップ (150) で第2所定寸法達成を決定するまで続けられる。次に、ステップ (152) で、所定割合で第1所定寸法から第2所定寸法に移行する際の所要時間から変化率を測定するが、この測定を、第1、第2所定寸法時間の寸法変更、およびステップ (148) で照度を変える特定の所定割合に関連づけすることもできる。

得られた数値から眼を識別するが、瞳孔寸法変化率は、反射作用が感情および麻薬等で鈍くなつた個人については、まちまちになる可能性があるため、瞳孔直径変化率は、あくまで二次的な識別指度手段にすぎない。

12

第4図のステップを若干修正するだけで、第4図および第5図方法を簡単に組み合わせることができます。まず、ステップ (44) を実行して、第1所定寸法を得ることができると、これは、第5図のステップ (144) および (146) に相当する。ステップ (52) (54) および (46) 完了後、所定割合で照度を変えることにより、ステップ (44) を再実行して、第2所定寸法を得るが、これは、第5図のステップ (148) 及び (150) に相当する。次に、ステップ (52) で撮像するとともに、ステップ (152) で瞳孔寸法変化率を決定する。

第6図は、類似要領で第4図のステップ (52) に組込むことにより、仰角依存特色をより強いコントラストで示す虹彩を得るためにルーチンであり、複数の斜め位置から虹彩を照明することにより行なわれる。

各位置から照明するには、相対的に単色である光源を設け、当該光源の色を欠いた仰角依存特色を有する陰影を形成する。ステップ (250) で対応する単色光源の色 m を用いて、位置 m から照明することにより、色 m なし陰影を形成し、ステップ (252) で陰影像を撮る。次に、ステップ (254) で、 m が M (虹彩照明位置の総数) に達したか否を試験する。

m の場合は、ステップ (256) で m をインクリメントし、 $m = M$ になるまで、ステップ (250) (252) および (254) を含むループを繰り返す。 m が M に達したら、ステップ (258) で陰影像を処理して、基準像との比較に備える。

第6図に示す方法は、特に、放射溝34等の仰角依存特色の撮像に有益であり、第1図から分かるように、報射溝34は、いずれの方向にも放射状に延び得るため、いずれか一方向から照明すれば、該照明方向に方向に対して直角に延びる報射溝34については、高品質の陰影像が得られるが、照明方向と平行して延びる報射溝の陰影像の品質が低下する。したがつて、報射溝34の最も良い像を形成するには、処理ステップ (258) で多数の陰影像を形成し、これらを組合せる。

ステップ (64) における同一瞳孔寸法を有する像の比較は、種々の要領で実施される。直進

方法では、基準像を、従来型ビデオカメラ等の走査カメラから得られる画素単位像として、記憶し、2像を画素毎に比較して、その同一性を決定する。比較については、2像間の全体的濃度の違いを考慮した方法で行なう。

この比較法方法は、実施し易いが、整合つまり一致性に対して、極端に敏感である。すなわち、2つの像に示された眼が、同一寸法であり、かつ同一要領で位置決めされている場合は、試験しても、2像が同一眼のものであるといふ結論しか得られない。従つて、整合に余り感応しない比較アルゴリズムを実施する方が良い。

上記のような比較アルゴリズムとしては、多くの異形を有する相関アルゴリズムがある。 15

各種の瞳孔重心を決定するアルゴリズムに基づき、2像位置決めの際のずれをなくせる。これらアルゴリズムを組合わせることにより、整合感応度を低減できる。

その他の比較方法として、光信号による方法がある。ヘヒト、ヨット(Hecht, J)著「ライト・モジュレーターズ・ヘルプ・クランチ・イメージ・データ」(Light Modulators Help Crunch Image Data)ハイ・テクノロジー(High Technology)、第5巻第1号(1985年1月)(P69-70, P72)には、本発明に適用し易い光学的比較方法が示されている。

第7図は、本発明に適用できる別の比較方法を示す。

ステップ(64)で第4図のステップ(52)等で得られた像から記述子を抜き出す。記述子の一例としては、放射溝34の角変位および長さがある。別の記述子としては、瞳孔30または色素襞縁の形状があるが、その他については、色素斑26、陰窩、および萎縮部、ツモール、先天性連絡糸等の異常特色の位置および寸法に関連して得られる。

同様に、小環32および同心溝36等の円形特色については、それぞれの記述子で記述できる。次に、ステップ(66)で前記記述子を基準像と比較する。虹彩20および瞳孔30のある種の特色は、数学的に記述し易いため、この比較方法は、効果的で、しかも整合に感応しない。次に、記述子を抽出する多数のアルゴリズ

ムを説明する。

種々の型の装置により、本発明および上記方法を実施できる。後で、これら機能を果たす回路装置の一例を説明する。

5 III 識別の装置

上記のように、本発明による虹彩認識に要する装置については、多様形状にすることができるが、照明手段70、撮像手段80および比較手段90を含む主要機能素子は、第3図のようになる。

第8図は、眼を照明して撮像する装置を示している。この装置は、照度制御用の簡単な電気回路、および眼10で見た注視標的71の像と、カメラに映った虹彩20および瞳孔30の反射像とが、概ね共軸を成す光学装置を有している。

照準目的で注視した標的像を、視軸16と同心的に形成するとともに、像を視軸の遠方でとらえると、ひずみが発生して、適宜処理で補償しなければならないため、カメラ84で、視軸16と同心的またはほぼ同心的に反射像を捕えることが好ましい。虹彩20を再度斜め照射して、仰角依存特色的良質陰影を形成する。

第8図の方式では、光源は、可変抵抗器72cを介して直列接続され、電気的に制御された分圧器で構成できる電源72bから受電するフィラメント72aである。フィラメント72aの放出光は、レンズ73で規準され、適宜形状の標的71を照明する。

次に、標的71像を可動レンズ74で焦点合せし、モニタビームスプリッタ76を介して、軸方向ビーム分割面82に送り、中央鏡面部82から、瞳孔30を通して、網膜12に反射させる。

第8図に示す光学系は、標的71を眼10からの所望の見通し距離に設置する手段を有しているため、標的71が、種々要領で屈折して見える。

例えば、角膜14の空中界面で、光線はかなり屈折し、しかも被験者毎に異なる要領で屈折する。標的71が、網膜12と光学的に結合するまで、レンズ74を標的に近づけたり、標的から遠ざけることにより、見通し距離を必要に応じて調整する。

非点収差を補償する必要がある場合は、レンズ74を周知の型の可変球面円柱レンズ系にすることもできる。このようにすると、第8図に示すように、標的71の各地点から出された光が、網膜12の対応地点に集光する際に、標的71は、網膜12と光学的に結合される。

こうして、レンズ74を調節して、標的71からの光を収束発散させることにより、眼10の光学系を補償する。

斜傾光源78a, 78bは、可変抵抗器(図10示せず)によって、フィラメント72aと類似要領で制御される。虹彩は、拡散反射体であり、虹彩に対して垂直方向の反射光の量が、光の入射角の余弦として変化する余弦法則に従つて光を反射させるため、得られる反射光は、斜15傾光源78a, 78bの位置決めによって異なる。

軸方向ビーム分割面82は、標的71の像をレンズ74から眼10に向けるとともに、虹彩20の反射像をカメラ84に伝送するという20つの機能を果たす。

一定比率の縮図ではない第8図の配列では、ビーム分割面82は、ガラス等の透明薄板であり、その上に鏡82aを形成して、像反射を行なう。鏡82aは、微視的に薄い金属等の反射性被膜または外被で構成され、眼10側の分割面82中央部に設けられて第1鏡面を形成しておあり、例えば、楕円形状を成している。標的71の反射像は、瞳孔30を通して網膜12に導かれ、瞳孔寸法を調節する。

眼10から発散する虹彩20反射光は、鏡82aを包囲する分割面82の透明領域を通過する。しかし、鏡82aは、面82中央に不透明領域を設けることにより、角膜からの強い標的像反射光がカメラ84に入らないようにしている。反射標的像は、カメラ84視界で最も明るい物象であるため、虹彩20および瞳孔30像のノイズをかなり低減する。

モニタビームスプリッタ76は、鏡82a等で反射される角膜14からの強い反射像を形成するが、これを利用して、公知の要領で眼を位置決めできる。眼を適切に位置決めすると、虹彩20および瞳孔30の標準化像を形成できるとともに、標的像の強い反射光がカメラ84ま

で届かないようなる。

第9図は、周辺点88aおよび中心点88bを付したカメラ84、スクリーン86を示している。

図示のように、周辺点88aを使用して、瞳孔30寸法を測定する。瞳孔30の周界が各周辺点88aに触れると、瞳孔30は動かされて、撮像に要する所定寸法になる。中心点88bを使用することにより、寸法を適切にテストできるように瞳孔30を整合できる。

第9図に示すように、スクリーン86にマス目を入れることにより、瞳孔30が周辺点88aに達しない場合に、その寸法決定を補助できる。

この代わりに、ラーソン(Larson)に公布された米国特許第3966310号明細書に開示されているように、スクリーン86に同心マーティングを施すことができる。

第8図および第9図から分かるように、カメラ84と目10との距離を固定することにより、標準化像を形成する必要があるが、これは、額を押し当てる頭ささえ(図示せず)を設けることにより可能になる。

頭ささえには、眼10の周囲空間を暗くする適切追加面を設けることができ、これにより、網膜12への照明照度がゼロに近い状態が得られる。

第8図および第9図に示すシステムを手動操作することにより、周辺点88aに達する所定瞳孔寸法を得ることができる。

まず、可変抵抗器72cを、フィラメント72aを効果的にオフにする最高値に手動調節する。斜傾光源78a, 78bを付勢して、虹彩20を所望程度照明する。次に、標的71像が網膜を照らし始めるまで、可変抵抗器72cの抵抗値を徐々に下げていく。スクリーン86を見ると、フィラメント72aからの照明が強まるに従つて、瞳孔寸法30が小さくなしていくことが分かる。

スクリーン86を見て、瞳孔30周辺部が周辺点88aに触れたら、カメラ84を作動させて虹彩20および瞳孔30像を撮る。さらに、スクリーン86の点により所定寸法が示されている場合は、瞳孔30の付加的所定寸法が、ス

17

クリーン 8 6 に現われ、カメラ 8 4 作動時に撮像されるまで、可変抵抗器 7 2 c を調整し続ける。

第 8 図の光学系については、本発明の適用範囲内で、種々に修正できる。例えば、透明なビーム分割面 8 2 に、中央鏡 8 2 a を設ける代わりに、互いに対向配置された 2 個のプリズム、または半銀メッキ鏡その他の一部反射鏡によりビーム分割面を画成する。

しかし、このような構成にすると、第 8 図構成に比して、視準光の強さおよび反射像の強さが著しく損われる。したがって、上記構成が望まし場合は、第 11 図に関連して以下に説明するように、虹彩 2 0 照明手段を追加することが適切である。

第 10 図は、第 3 図に示す機能を実施する電気的構成素子のプロツク線図である。

図示の虹彩認識システム 1 0 0 は、照度制御回路 1 7 0 、カメラ 1 8 0 およびプロセッサ 1 9 0 から成っている。前記制御回路 1 7 0 およびカメラ 1 8 0 は、プロセッサ 1 9 0 の制御下で作動する。照度制御回路 1 7 0 は、制御信号に応答して眼 1 0 を照明することにより、瞳孔 3 0 の寸法を調整すると同時に、虹彩 2 0 および瞳孔 3 0 の反射像を送り出す。

ビデオカメラであつてもよいカメラ 1 8 0 は、前記反射像を受け、これをプロセッサ 1 9 0 用の像信号に変換する。次に、プロセッサ 1 9 0 は、像信号を基準像と比較することにより、人間を識別する。

第 11 図は、虹彩認識システム 1 0 0 の照明系の詳細図である。

図示のように、制御回路 1 7 0 は、光源 1 7 2 、 1 7 4 、 1 7 6 、 1 7 8 を制御する。一般に、これら光源の寸法を最大限小さくして、眼 1 0 からの反射像のノイズを最小にする必要がある。

第 8 図に関連して説明したように、網膜 1 2 を照明する光源 1 7 2 は、注視標的 7 1 およびビーム分割面 8 2 ごしに行なつて視線が集まる標的像を形成することにより、線列状態になつて撮像に備える。

標的像は、好ましくは、瞳孔寸法を小さくする調節を阻止する遠隔物体である。標的像から

の光線を、相対的に密に視準するとともに、小角度に対するようにすることにより、より臨界的な集中線列を得るか、または虹彩の付加的照明が望ましい場合は、ゆるめに視準化できる。

また、眼 1 0 の視力に左右されるが、他平面背景の指定部分と整列させる必要がある一平面で、標的像を十字線のように複性にすることにより、瞳孔を線列させることもできる。

この代わりに、偏光リング視覚装置を用いて、眼 1 0 の屈折に関係なく、網膜に同心円を形成することができる。標的像が明かるすぎると、瞳孔 3 0 寸法を小さくするため、過度に明かるくする必要はない。

上記のように、標的像を用いて、瞳孔 3 0 を線列させることにより、最適撮像に備えることができるが、さらに、フィードバック回路およびサーボ制御機構を用いて、虹彩 2 0 とカメラ 1 8 0 の相対位置を調整する自動線列システムを設けることができる。この位置調整は、回転鏡、平行平板、またはリスリー (Risley) プリズム等のプリズム装置で達成される。この代わりに、頭さえ (図示せず) を移動することにより、頭部を配向できる。

第 11 図に示す照明システムは、上記光源 1 7 2 の他に、斜傾光源 1 7 4 、 1 7 6 、 1 7 8 を備えている。上記のように、各光源 1 7 4 、 1 7 6 、 1 7 8 は、相対的に単色である光ビームを出すため、それらの斜傾配置から得られる陰影は対応色を欠いており、後続の陰影像処理を容易にする。各光源 1 7 4 、 1 7 6 、 1 7 8 を、LED またはソリッドステートレーザー等の相対的単色光源で達成できる。

第 11 図は、3 個の光源を、互いに約 120° ずらして設けた構成を示しているが、光源の数および相対的角度位置を種々の要領で変更できることとともに、その他の構成を用いることにより、虹彩 2 0 の仰角依存特色に関する付加情報を入手できる。

例えば、1 台以上のカメラ、または複数位置間を移動して、三次元情報を集める单一カメラ 1 2 0 を設けることができる。レーザー写真術等のレーザー関連技術、および機械あるいは電光技術による飛点走査を含むその他撮像手段を用いることができる。

19

第12図は、第10図のプロセッサ190の作動要領を示すフローチャートである。

まず、ステップ(342)で、プロセッサ190を初期化して適宜記憶内容を与えるとともに、プログラムを所望に応じてロードする。さ⁵らに、初期化の一部として、プロセッサ190は制御信号を出し、カメラ180を始動させるとともに、照度制御回路170に制御信号を送り、入手可能な極限照度で、光源172が網膜¹⁰12を照明できるようにする。さらに、斜傾光源174, 176, 178を付勢して、十分に照明することにより、カメラ180が瞳孔30像をプロセッサ190に送れるようにする。

ステップ(344)で、瞳孔の極限寸法を得たら、ステップ(346)で光源172からの照明を得たら、徐々に強めることにより、寸法範囲にわたって瞳孔を操作する。強さを増す度に、ステップ(348)で瞳孔寸法を測定するとともに、ステップ(352)で、測定寸法が、所望の所定寸法Xnに等しいか否かチェックする。¹⁵

最初の繰り返しの場合は、ステップ(346)(348)(352)を含むループを所望に応じて、再度繰り返すと、第1所定寸法X₁が得られる。²⁰また、斜傾光源374, 376, 378を、同²⁵時か、または第6図に示すような要領に従つて、順次付勢することにより、虹彩20および瞳孔30の像を撮るが、瞳孔30の収縮を最小にする要領で付勢する必要がある。このため光³⁰源172からの照明を強める前、またはその最中に付勢する必要がある。

次に、ステップ(362)で、上記像から番目の組記述子を抽出する。瞳孔寸法がX₁である場合に得られた像については、第1記述子が得られる。次に、ステップ(346)で、nをテ³⁵ストして、これが、N(得られる組記述子の総数)に等しいか否かを決定する。等しくない場合は、ステップ(366)でnをインクリメントするとともに、ステップ(346)(348)(352)を含むループを反復して、(354)(362)(364)を繰り返す。

n=Nになるまで、上記ループを繰り返す。
n=Nになると、ステップ(368)で得られた組記述子を、1組以上の基準記述子と比較する。眼10が、集団のうちの1人のものである。

か否かの決定を目的とする場合は、ステップ(362)で各組記述子を、前記集団の全構成員の対応する得られた各記述子と比較する。一方、単に眼10が特定個人のものであることを確認することを目的とする場合は、ステップ(362)で得られた組記述子を、例えば、クレジットカード、身分証明書、その他の識別文証、またはアクセスしたコンピュータ・システムの記憶装置に記憶されている前記個人の対応する組記述子と比較するだけで良い。

ステップ(368)完了後、虹彩認識システム¹⁰⁰のオペレータに、眼10の識別の有無を適宜要領で知らせて、第12図に示す動作を完了する。この時点でオペレータは、第12図工程を繰り返すことにより、別の虹彩認識の開始を選択できる。

プロセッサ190は、ステップ(362)で記述子を抽出して、多様なアルゴリズムを実施する。

この種の多数のアルゴリズムは1982年、ニュージャージー州エングルウッドクリッフズのブレンティスホール発行のコンピュータ・ビジョン(Computer Vision)におけるパラード、ディー・エイチ(Ballard, D.H.)およびブラウン、シー・エム(Brown, C.M.)によるもの、1973年、ニューヨークのワイリー社発行のパターン・リコグニション・アンド・シーン・アナリシス(Pattern Recognition and Scene Analysis)におけるドウダ、アール・オー(Duda, R.O.)およびハート、ピー・イー(Hart, P.E.)によるもの、および1982年、ニューヨークのアカデミック・プレス発行のデジタル・ピクチャー・プロセッシング(Digital Picture Processing)におけるローゼンフェルト、アー(Rosenfeld, A.)によるものがあるが、これらアルゴリズムの多くは、差分演算子等の古典的数学技術を用いて、選択点の微分方程式を取つて、変化率をテストするとともに、マスク突き合せを行なうか、または種々の配向で表面を、公知の形状に合わせる。

この種の上記その他のアルゴリズムは知られているが、虹彩および瞳孔の特異性に適用されたことはない。

瞳孔の位置、寸法および円形偏位度から、多

(11)

21

くの記述子が得られる。

例えば、突発的灰色レベル変化を検出する境界線または端線検出アルゴリズムを用いて、瞳孔寸法測定アルゴリズムの孔を検出できる。瞳孔寸法測定アルゴリズムの実施方法は、例えば、イシカワ (Ishikawa) 5 その他に付与された米国特許第3598107号、およびスターク (Stark) その他に付与された同第3533683号等の明細書に開示されている。

曲率等の特性に従つて、変換スペースに曲線をマッピングする円検出用のホウ (Hough) 10 変換アルゴリズムを、検出すべき境界線または端線に使用できる。

この代わりに、受信像を閾値アルゴリズムにかけてから、バラード (Ballard) およびブラウン (Brown) の論文に記された小斑点着色 15 アルゴリズム等の領域成長または集合アルゴリズムを実行することにより、強さが閾値以下である最大画素結合領域を発見できる。

瞳孔は中央にあるため、像中央の暗画素から始めて、瞳孔境界線（これを越えた隣接要素は暗色ではない。）に達するまで、漸進的に隣接する暗画素を集合することにより、領域を外向きに成長させることができ、これによつて、瞳孔中心をその境界線から決定できるため、瞳孔の寸法と位置とを測定できる。これは、例え 25 ば、暗領域を通つて、多数の半径方向に薄片を取つて、最大直径を選択することにより行なわれる。

例えば、最大直径が境界線の切欠部その他の凹凸部に延びる等して、真の直径になり得ない 30 という可能性を排除するため、中心から境界線にいたる目の最小総数を取り、これを、次に大にいたる目の最小総数と比較する。目の総数が最小になる中心および半径は、瞳孔境界線に最も酷似する円を画成し、また目の残余総数 35 は、瞳孔の円形からのいすれの定量的尺度、すなわち、瞳孔の「賞点」(figure of merit) にならうが、これは有益な記述子になる。

また、報射溝の特性によつて記述子を得ることができる。瞳孔中心から、放射溝の放射精度 40 が得られる。線検出アルゴリズムと、縞または太陽検出アルゴリズムとを用いて、放射溝の位置を示し、次に、放射精度を示す差分の目の総数を得ることにより、放射溝を、中心から放射

22

状に進む直線と比較する。

完全に直線を成すもの以外のある種の溝は、例えば、それぞれが、おおむね放線を成し、非放線ジョグ (jog) によつて結合された2つのオフセット部分を有している。溝の覆いに要する縞の幅を決定することにより、溝厚を測定できる。さらに、直線を検出するホウ (Hough) 変換アルゴリズムを適用して、放射溝の長さ、角位置および方向等の記述子が得られる。

また、縁検出アルゴリズムおよび曲線検出用のホウ (Hough) 変換アルゴリズムを用いて、同心溝を検出記述できる。

同様に、縁検出アルゴリズムおよびチエイン符号化アルゴリズムを用いて、小環およびこれに沿つた陰窓の輪郭を記述できる。さらに、より効果的な方法として、マッチング (matching) すなわち整合目的のため、これら輪郭沿いの高曲率地点の位置を求め、記述できる。

ドウダ (Duda) およびハート (Hart) の論文に記載されているように、閾値決定アルゴリズム、領域成長アルゴリズム、および重心と低位中心モーメントとを求めるアルゴリズムを、この順序で用いることにより、単離陰窓を記述できる。

灰色レベルが、相対的に一定である区域の高コントラストスパイクを検出する斑検出アルゴリズムは、小さい色素斑を検出する。さらに、一般的には、瞳孔を測定する上記のようなアルゴリズムを用いることにより、色素斑その他これに類する特色の位置および低位中心モーメントを求めることが可能、また、ある特色の輪郭に沿つた、高曲率点についても検出および記述が可能である。

最後に、バラード (Ballard) およびブラウン (Brown) の論文に記載されているように、3次元RGB(赤一緑一青) 色空間のヒストグラム (histogram) を求めるアルゴリズムにより、虹彩の色が分かる。すなわち、そのピークが色の記述子になる。

上記の通り、本発明の適用範囲内で、第8図乃至第12図に示す実施例を種々の要領で修正できる。

プロセッサ 190 は、適宜の要領で照度制御回

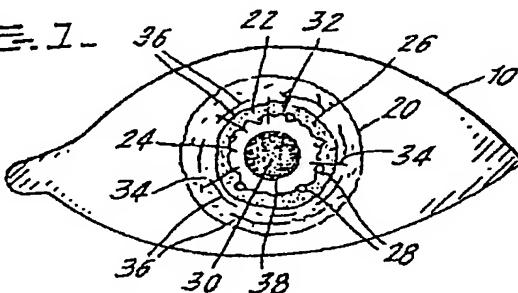
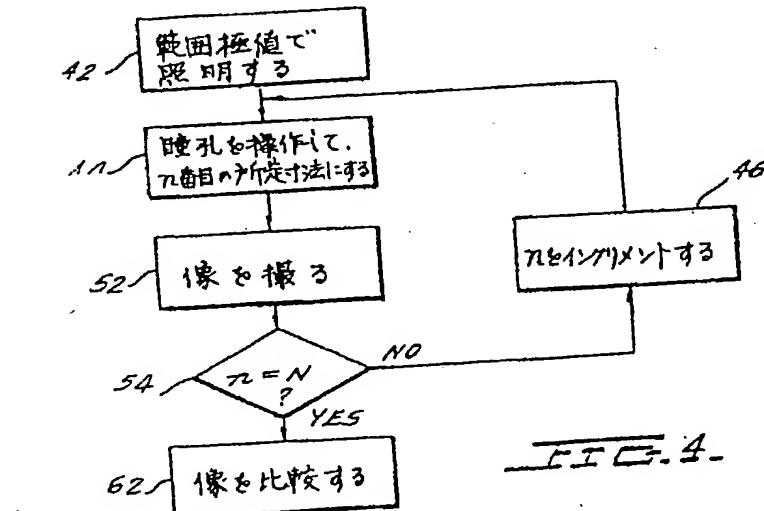
(12)

23

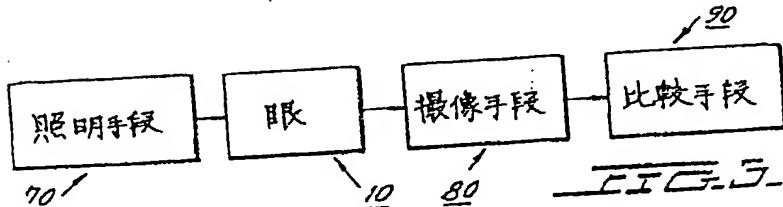
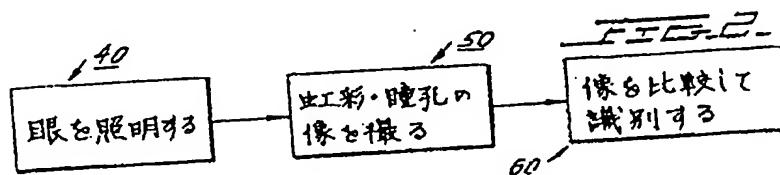
路170およびカメラ180の動作を制御して、
処理用の像を得る。例えば、プロセッサ180
は、カメラ180から出される像を常時受信して
ては、カメラ180で完全な処理像を撮る間の照度を、
一時に一定に保つ。

複数の好適実施例に関連して、本発明を説明し
たが、その他多くの変形および修正を加え得るこ
とは勿論である。従つて、本発明を、特定の開示
ではなく、添付の請求の範囲よつて限定する方が
好ましい。

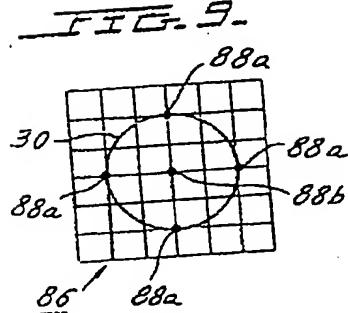
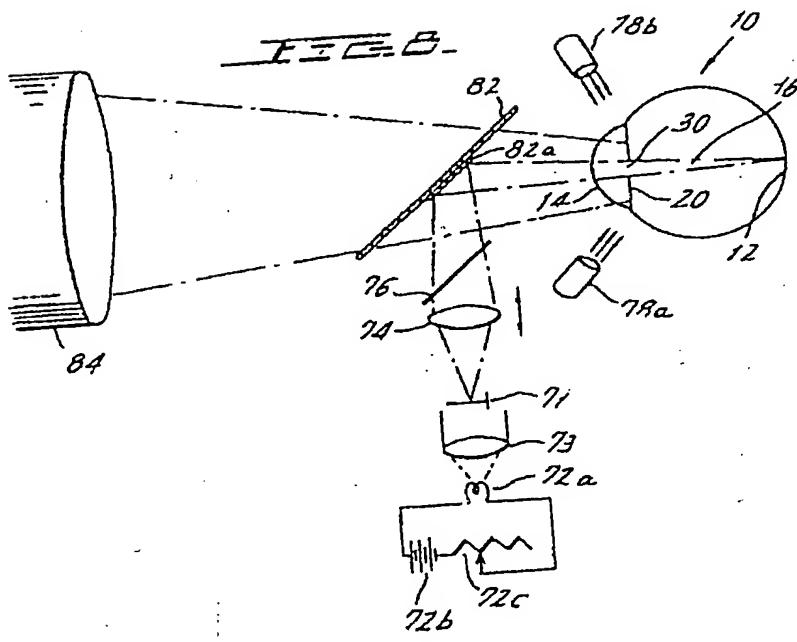
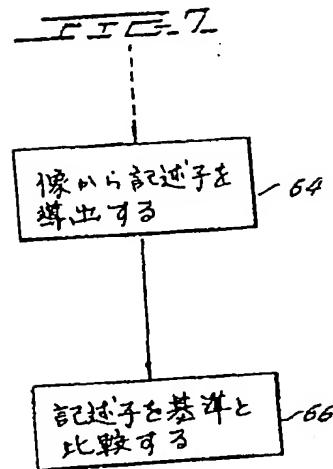
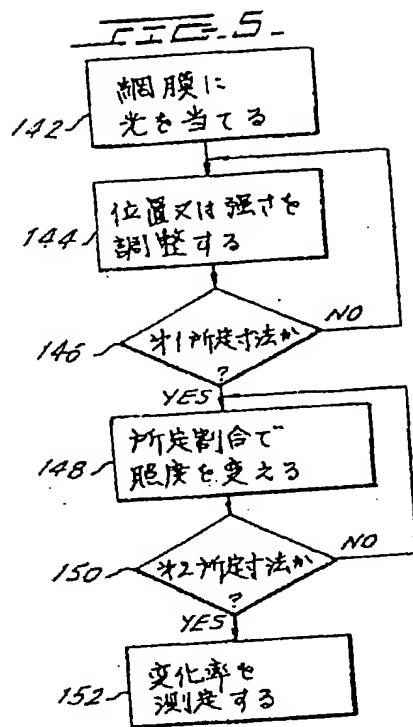
24

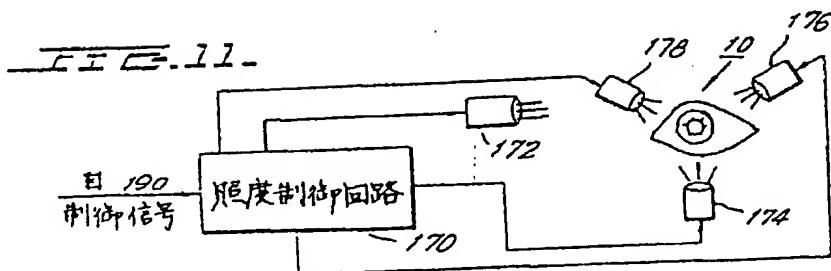
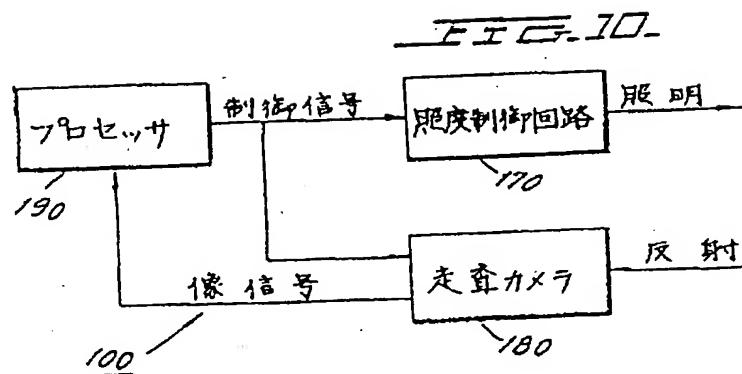
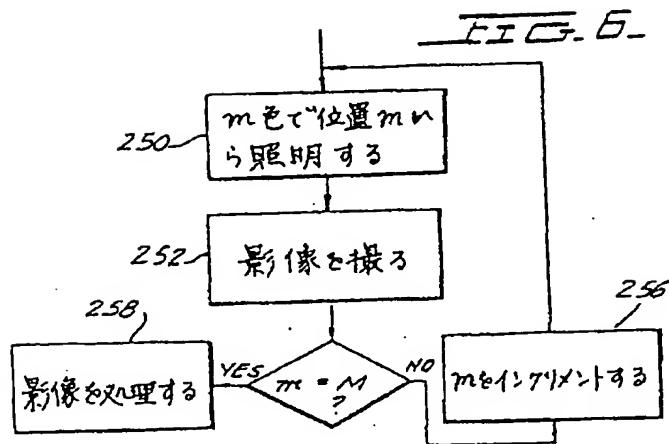


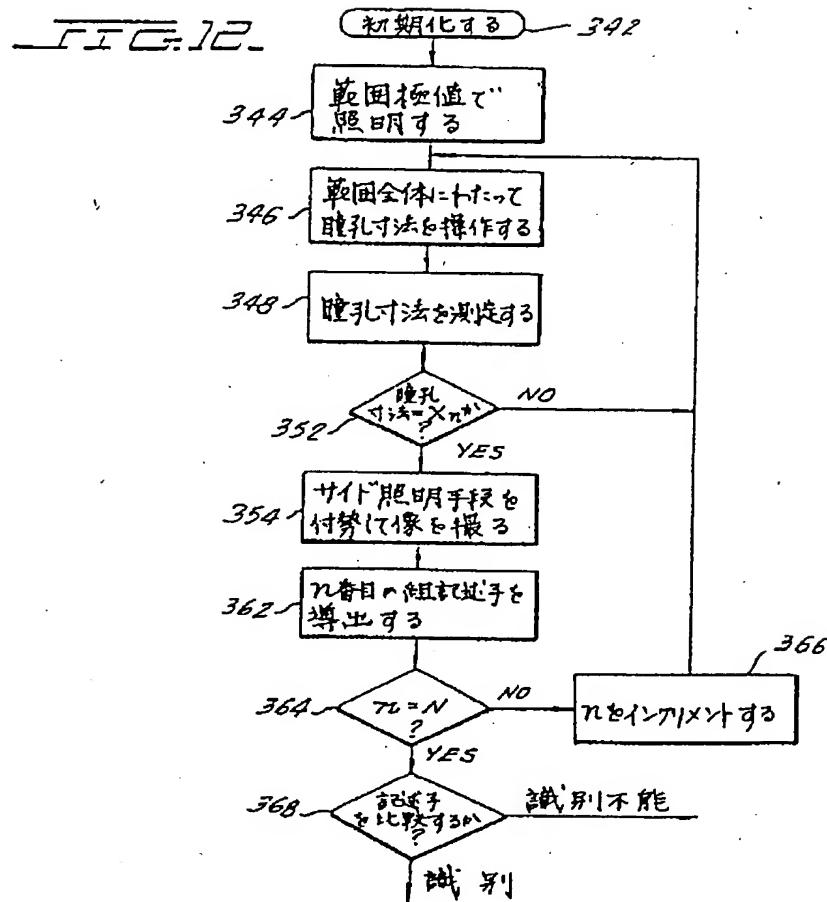
— FIG. 4 —



(13)







**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.